



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 08 391 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
A 61 M 1/34  
A 61 M 1/36  
// B01D 61/24

21 Aktenzeichen: 197 08 391.9-35  
22 Anmeldetag: 1. 3. 97  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 22. 10. 98

DE 197 08 391 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Fresenius Medical Care Deutschland GmbH, 61350  
Bad Homburg, DE

74 Vertreter:  
Luderschmidt, Schüler & Partner GbR, 65189  
Wiesbaden

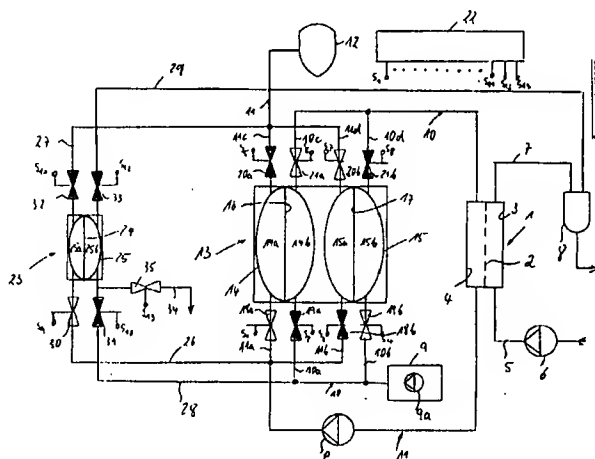
72 Erfinder:  
Wamsiedler, Ralf, 97453 Schonungen, DE; Walter,  
Raimund, 97525 Schwebheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 41 16 178 C1  
DE 38 37 498 C2  
DE 28 38 414 C2

54 Verfahren und Vorrichtung zur Ultrafiltration bei der Hämodialyse

57 Die Bestimmung der Ultrafiltrationsmenge bei der Hämodiafiltration erfolgt mittels einer Bilanzkammer (25), die durch eine bewegliche Trennwand (24) in zwei Bilanzkammerhälften (25a, 25b) unterteilt ist. Die beiden Bilanzkammerhälften werden wechselweise mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit und frischer Dialysierflüssigkeit befüllt, wobei der Inhalt der jeweils anderen Kammerhälfte verworfen wird. Zur Bestimmung der Ultrafiltrationsmenge bzw. der Menge des Substituts wird das Füllvolumen der Bilanzkammer (25) herangezogen.



DE 197 08 391 C 1

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Ultrafiltration bei der Hämodialyse gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie es aus der DE 38 37 498 C2 bekannt ist, und umfaßt auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Zur Entfernung von harnpflichtigen Substanzen und zum Flüssigkeitsentzug werden beim chronischen Nierenversagen verschiedene Verfahren zur apparativen Blutreinigung bzw. Blutbehandlung eingesetzt. Bei der Hämodialyse (HD) überwiegt der diffuse Stofftransport, während bei der Hämofiltration (HF) ein konvektiver Stofftransport über die Membran stattfindet. Eine Kombination aus beiden Verfahren ist die Hämodiafiltration (HDF).

Wegen der großen Austauschmengen besteht bei den genannten Verfahren die Notwendigkeit der exakten Bilanzierung von entzogener Flüssigkeit einerseits zur zugeführten Flüssigkeit andererseits und der zu ultrafiltrierenden Menge über die gesamte Behandlungszeit. Zum Stand der Technik gehören gravimetrische und volumetrische Bilanziersysteme.

Aus der DE-PS 28 38 414 ist eine Dialysevorrichtung bekannt, die eine volumetrische Bilanziereinrichtung aufweist. Die Bilanziereinrichtung besteht aus zwei durch je ein verschiebbares Element unterteilten Kammern, die je eine Zuführleitung für frische und eine mit einem Auslaß verbundene Abführleitung für verbrauchte Dialysierflüssigkeit aufweisen. In den Zuführ- und Abführleitungen sind Absperrventile angeordnet, die von einer Steuereinheit angesteuert und geschaltet werden. Zum Fördern der verbrauchten Dialysierflüssigkeit ist im Dialysierflüssigkeitsweg zwischen Dialysator und Bilanziereinrichtung eine Pumpe angeordnet. Weiterhin ist in der Zuführleitung zum Dialysator ein Dialysatorventil und in der Abführleitung des Dialysators ein Luftabscheider vorgesehen.

Die bekannte Vorrichtung wird derart betrieben, daß frische Dialysierflüssigkeit von einer Dialysierflüssigkeitsquelle den beiden Bilanzkammern abwechselnd durch entsprechende Schaltung der Absperrventile in den Zuführleitungen zugeführt wird. Gleichzeitig wird frische Dialysierflüssigkeit aus einem bereits gefüllten Raum der anderen Bilanzkammer dem Dialysator zugeführt, wo durch Diffusion dem ebenfalls durch den Dialysator fließenden Blut die gewünschten Giftstoffe entzogen werden. Die verbrauchte Dialysierflüssigkeit wird anschließend in den zweiten Raum derselben Bilanzkammer gepumpt, von der die verbrauchte Dialysierflüssigkeit dann in den Auslaß geleitet wird.

Der zwischen der Bilanziereinrichtung und dem Dialysator eingeschlossene Teil des Flüssigkeitskreislaufes verhält sich wie ein geschlossenes, volumenkonstantes System. Um aus diesem System Flüssigkeit abzuführen, ist eine Entnahmevorrichtung vorgesehen.

Die mittels der Entnahmevorrichtung dem System entzogene Flüssigkeitsmenge wird aufgrund der erwähnten Eigenschaften der Bilanziereinrichtung durch eine gleich große Flüssigkeitsmenge ersetzt, die von der Blutseite zur Dialysierflüssigkeitsseite der Dialysatormembran übergeht. Die entzogene Flüssigkeitsmenge kann dem Patienten wieder als Substitutionsflüssigkeit zugeführt werden. Eine Substitution der entzogenen Flüssigkeitsmenge im Verhältnis 1 : 1 ist aber nicht zwingend erforderlich. Vielmehr kann es für die Behandlung in einzelnen Fällen von Vorteil sein, wenn eine größere Flüssigkeitsmenge entzogen wird als die Menge der Substitutionsflüssigkeit, die dem Patienten wieder zugeführt wird, d. h. trotz Substitution eine Netto-Ultrafiltration stattfindet.

An die Genauigkeit der Entnahmevorrichtung, die eine

Steuerung der Ultrafiltration ermöglicht, sind hohe Anforderungen zu stellen. Um eine genau vorher bestimmbare Menge Ultrafiltrat dem Dialysierflüssigkeitsweg entziehen zu können, ist die Entnahmevorrichtung mit einer volumetrischen Membranpumpe ausgerüstet, wobei jeder einzelne Pumpenhub einer Einheitsmenge Ultrafiltrat entspricht. Nachteilig ist, daß zum Entziehen einer genau vorherbestimmbaren Menge Ultrafiltrat eine separate Pumpe mit einem relativ komplizierten Aufbau erforderlich ist.

Darüber hinaus ist eine Vorrichtung zur Ultrafiltration bei der Dialyse bekannt, bei der die Bestimmung der Ultrafiltratmenge mittels einer Bilanzkammer erfolgt. Die Bilanzkammer ist durch eine flexible Trennwand in zwei Kammerhälften unterteilt, die wechselseitig mit dem Ultrafiltrat befüllt werden, das dem Dialysierflüssigkeitsweg entzogen wird, wobei der Inhalt der jeweils anderen Kammerhälfte verworfen wird. Eine Bilanzierung von Ultrafiltrat gegen Substitut ist bei der bekannten Vorrichtung allerdings nicht möglich.

Eine Hämofiltrationsvorrichtung, bei der die Bilanzierung von Ultrafiltrat gegen Substitut mittels einer Bilanzkammer erfolgt, ist aus der DE 41 16 178 C1 bekannt.

Die eingangserwähnte DE 38 37 498 C2 beschreibt ein Verfahren, das es erlaubt, eine quantitativ bestimmbare Ultrafiltration auf einfache Weise ohne zusätzliche Ultrafiltratpumpe durchführen zu können. Das bekannte Verfahren beruht darauf, daß Ultrafiltrat aus dem Dialysierflüssigkeitsweg über die Bilanziereinrichtung kontrolliert abgeführt wird. Hierzu ist es aber erforderlich, den Dialysierflüssigkeitsweg zwischen zwei Hämodialysezyklen zu unterbrechen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ultrafiltration bei der Hämodialyse anzugeben, das eine genaue Bilanzierung von Ultrafiltrat gegen Substitut erlaubt, ohne daß eine volumetrisch präzise arbeitende Ultrafiltrationspumpe und eine Unterbrechung des Dialysierflüssigkeitsweges erforderlich ist, und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens herzustellen.

Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand des Patentanspruchs 1 bzw. 5 gelöst. Die Unteransprüche sind auf Ausführungsarten der Erfindung gerichtet.

Bei dem beanspruchten Verfahren zur Ultrafiltration während der Hämodialyse wird die Ultrafiltrationsmenge mittels einer Bilanzkammer einer Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung bestimmt, die durch eine verschiebbare Membran in zwei Bilanzkammerhälften unterteilt ist. Eine volumetrisch präzise arbeitende Ultrafiltrationspumpe ist dabei nicht erforderlich.

Die beiden Bilanzkammerhälften der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung werden wechselweise mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit und Substitut befüllt, wobei der Inhalt der jeweils anderen Kammerhälfte verworfen wird. In einem ersten Takt wird die eine Kammerhälfte mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit, die dem Dialysierflüssigkeitsweg entzogen wird, unter Verwerfung von zuvor in die andere Kammer geleiteten Substituts befüllt. In einem zweiten Takt wird dann die andere Kammerhälfte mit Substitut unter Verwerfung der verbrauchten Dialysierflüssigkeit befüllt. Zur Bestimmung der Ultrafiltrationsmenge bzw. der Menge des Substituts wird das Füllvolumen der Bilanzkammer herangezogen.

Wenn das aus der einen Kammerhälfte verworfene Substitut dem Blutkreislauf während der gesamten Behandlungszeit zugeführt wird, findet eine 1 : 1 Bilanzierung statt, d. h. der Patient wird weder ultrafiltriert noch überwässert. Andererseits kann dem Dialysierflüssigkeitsweg aber auch mehr Ultrafiltrat entzogen werden, als dem Blutkreislauf Substitut zugeführt wird. In diesem Fall wird das aus der einen

Kammerhälfte verworfene Substitut während der gesamten Behandlungszeit oder auch nur in einzelnen Zyklen nicht dem Blutkreislauf zugeführt, sondern wieder in die Substitutquelle zurückgeführt oder einfach in einen Auslaß abgeführt. Durch einen abwechselnden Betrieb in diesen beiden Modi ist eine genaue Steuerung der Netto-Ultrafiltrationsmenge über den gesamten Zeitraum der Dialyse möglich.

Die Substitutionsflüssigkeit kann entweder separat zur Verfügung gestellt werden oder aus der Dialysierflüssigkeit gewonnen werden (Online-HDF). Vorzugsweise wird als Substitut frische Dialysierflüssigkeit in die andere Bilanzkammerhälfte der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung geleitet. Wenn die Substitutionsflüssigkeit nicht aus der Dialysierflüssigkeit gewonnen wird, ist eine externe Vorrichtung zur Bereitstellung der Substitutionsflüssigkeit erforderlich, die das Substitut mittels einer Pumpe oder durch Schwerkraft fördert. An eine derartige Pumpe sind aber im Hinblick auf die Fördergenauigkeit keine hohen Anforderungen zu stellen.

Die frische Dialysierflüssigkeit wird gegen die verbrauchte Dialysierflüssigkeit vorzugsweise in einer Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung bilanziert, die zwei parallel geschaltete Bilanzkammern aufweist, die im Gegenteil arbeiten.

Von Vorteil ist, daß die Ansteuerung der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung über die Bilanzkammern der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung erfolgen kann. Die Ansteuerung der in den Zuführ- und Abführleitungen der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung angeordneten Absperrorgane erfolgt zweckmäßigerweise im gleichen Takt wie die Absperrorgane der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

**Fig. 1** eine vereinfachte schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Hämodiafiltrationsvorrichtung, wobei die Öffnungs- bzw. Schließstellung der Absperrorgane der Bilanzkammern im Ultrafiltrationsmodus während eines ersten Taktes dargestellt sind,

**Fig. 2** die Hämodiafiltrationsvorrichtung von **Fig. 1** im Ultrafiltrationsmodus während eines zweiten Taktes,

**Fig. 3** die Hämodiafiltrationsvorrichtung von **Fig. 1**, wobei die Öffnungs- bzw. Schließstellung der Absperrorgane im Substitutionsmodus während eines ersten Taktes dargestellt sind und

**Fig. 4** die Hämodiafiltrationsvorrichtung von **Fig. 1** im Substitutionsmodus während eines zweiten Taktes.

**Fig. 1** zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Hämodiafiltrationsvorrichtung in vereinfachter schematischer Darstellung. Die Hämodiafiltrationsvorrichtung weist einen Dialysator **1** auf, der durch eine semipermeable Membran **2** in eine Blutkammer **3** und eine Dialysierflüssigkeitskammer **4** unterteilt ist. An dem Einlaß der Blutkammer **3** ist eine Blutzuführleitung **5** angeschlossen, in die eine Blutpumpe **6** geschaltet ist. Stromab der Blutkammer **3** führt eine Blutabflußleitung **7** von dem Auslaß der Blutkammer zu dem Patienten. In die Blutabflußleitung **7** ist eine Tropfkammer **8** geschaltet.

In einer Dialysierflüssigkeitsquelle **9**, die über eine Entgasungspumpe **9a** verfügt, wird frische Dialysierflüssigkeit bereitgestellt. Von der Dialysierflüssigkeitsquelle **9** führt eine Dialysierflüssigkeitszuleitung **10** zu dem Eingang der Dialysierflüssigkeitskammer **4** des Dialysators **1**, während eine Dialysierflüssigkeitsableitung **11** von dem Ausgang der Dialysierflüssigkeitskammer **4** zu einem Abfluß **12** führt. Zur Bilanzierung der Dialysierflüssigkeit ist in der Dialysierflüssigkeitszu- und -ableitung **10, 11** eine Dialysierflüs-

sigkeits-Bilanziereinheit **13** geschaltet. Eine Dialysierflüssigkeitspumpe **P** ist stromab des Dialysators **4** in die Dialysierflüssigkeitszuleitung **10** geschaltet.

Die Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinheit **13** weist zwei Bilanzkammern **14, 15** mit dem gleichen Füllvolumen auf, die jeweils durch eine bewegliche Trennwand **16, 17**, z. B. in Form einer flexiblen Membran, in eine erste Bilanzkammerhälfte **14a** bzw. **15a** und eine zweite Bilanzkammerhälfte **14b** bzw. **15b** unterteilt sind. Die beiden Bilanzkammern **13, 14** haben in diesem Ausführungsbeispiel ein Füllvolumen von jeweils 30 ml.

Der zu der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung **13** führende Teil der Dialysierflüssigkeitszuleitung **10** teilt sich in zwei Leitungszweige **10a, 10b** auf, von denen der eine Leitungszweig **10a** zu dem Einlaß der zweiten Kammerhälfte **14b** der ersten Bilanzkammer **14** und der andere Leitungsweg **10b** zu dem Einlaß der zweiten Kammerhälfte **15b** der zweiten Bilanzkammer **15** führt und der von der Bilanziereinrichtung **13** wegführende Teil der Dialysierflüssigkeitszuleitung **10** weist zwei Leitungszweige **10c, 10d** auf, von denen der eine Leitungszweig **10c** mit dem Auslaß der zweiten Kammerhälfte **14b** der ersten Bilanzkammer **14** und der andere Leitungszweig **10d** mit dem Auslaß der zweiten Kammerhälfte **15b** der zweiten Bilanzkammer **15** verbunden ist.

Der zu der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung **13** führende Teil der Dialysierflüssigkeitsableitung **11** teilt sich ebenfalls in zwei Leitungsabschnitte **11a, 11b** auf, von denen der eine Leitungsabschnitt **11a** mit dem Einlaß der ersten Kammerhälfte **14a** der ersten Bilanzkammer **14** und der andere Leitungsabschnitt **11b** mit dem Einlaß der ersten Kammerhälfte **15a** der zweiten Bilanzkammer **15** verbunden ist. Der Auslaß der ersten Kammerhälfte **14a** der ersten Bilanzkammer **14** ist über den Leitungszweig **11c** und der Auslaß der ersten Kammerhälfte **15a** der zweiten Bilanzkammer **15** ist über den Leitungszweig **11d** der Dialysierflüssigkeitsableitung **11** mit dem Abfluß **12** verbunden. In den einzelnen Leitungszweigen **10a** bis **10d** und **11a** bis **11d** sind Absperrorgane in Form von elektromagnetisch betätigbaren Ventilen **18a, 18b, 19a, 19b, 20a, 20b** und **21a, 21b** vorgesehen, die über Steuerleitungen **S<sub>1</sub>** bis **S<sub>8</sub>** an einer zentralen Steuereinheit **22** angeschlossen sind.

Neben der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung **13** umfaßt die Hämodiafiltrationsvorrichtung noch eine Ultrafiltrations-Bilanziereinrichtung **23**, die eine durch eine bewegliche Trennwand **24**, z. B. eine flexible Membran, in zwei Bilanzkammerhälften **25a, 25b** unterteilte Bilanzkammer **25** aufweist. Diese Bilanzkammer **25** hat in dem Ausführungsbeispiel ein Füllvolumen von 6 ml.

Von dem zu der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung **13** führenden Teil der Dialysierflüssigkeitsableitung **11** zweigt stromauf der Ventile **18a, 18b** eine Filtrateinlaßleitung **26** ab, die in den Einlaß der ersten Kammerhälfte **25a** der Bilanzkammer **25** der Ultrafiltrations-Bilanziereinrichtung **23** mündet, während der Auslaß der ersten Kammerhälfte **25a** über eine Filtratauslaßleitung **27** mit dem Abfluß **12** verbunden ist. Der Einlaß der zweiten Kammerhälfte **25b** ist über eine Substituateinlaßleitung **28** mit der Dialysierflüssigkeitsquelle **9** stromauf der Ventile **19a, 19b** verbunden. Von dem Auslaß der zweiten Kammerhälfte **25b** führt eine Substitutauslaßleitung **29** in die in der Blutabflußleitung **7** angeordnete Tropfkammer **8** (Post-Dilution). Alternativ kann die Zuführung des Substituts aber auch in eine stromauf des Dialysators angeordnete Tropfkammer erfolgen (Pre-Dilution).

In der Filtrateinlaß- und -auslaßleitung und der Substituateinlaß- und -auslaßleitung sind weitere Absperrorgane in Form von elektromagnetisch betätigbaren Ventilen **30, 31**,

32, 33 angeordnet, die über weitere Steuerleitungen S<sub>9</sub> bis S<sub>12</sub> mit der zentralen Steuereinheit 22 verbunden sind. Von der Substituatablaßleitung 28 zweigt stromab des Ventils 31 eine Ablaßleitung 34 ab, die zu der Dialysierflüssigkeitsquelle 9 führt. In der Ablaßleitung 34 ist ein weiteres Absperrorgan 35 angeordnet, das über eine weitere Steuerleitung S<sub>13</sub> an der zentralen Steuereinheit 22 angeschlossen ist.

Die erforderliche Sterilität der Dialysierflüssigkeit und insbesondere der Substitutionsflüssigkeit kann durch den Einbau von bekannten Sterilfiltern in das Flüssigkeitssystem gewährleistet werden, die der besseren Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt sind.

Die Fig. 1 und 2 zeigen die Schaltstellungen der Ventile, wenn die Hämodiafiltrationsvorrichtung im sogenannten Ultrafiltrationsmodus betrieben wird. Ver Betrieb der Hämodiafiltrationsvorrichtung im sogenannten Substitutionsmodus zeigen die Fig. 3 und 4. Zur Verdeutlichung sind die geöffneten Ventile in den Figuren hell und die geschlossenen Ventile dunkel dargestellt.

Nachfolgend wird der Ultrafiltrationsmodus unter Bezugnahme auf die Fig. 1 und 2 im einzelnen beschrieben.

In einem ersten Takt werden die Ventile 18a, 19b, 21a, 20b, 30 und 35 von der zentralen Steuereinheit 22 geöffnet, wobei alle anderen Ventile geschlossen werden.

Frische Dialysierflüssigkeit (30 ml) strömt aus der Dialysierflüssigkeitsquelle 9 in die zweite Kammerhälfte 15b der zweiten Bilanzkammer 15, wodurch verbrauchte Dialysierflüssigkeit (30 ml), die in einem vorhergehenden Takt in die erste Kammerhälfte 15a geleitet wurde, in den Abfluß 12 verworfen wird. Gleichzeitig wird mittels der Dialysierflüssigkeitspumpe P verbrauchte Dialysierflüssigkeit (30 ml) aus der Dialysierflüssigkeitskammer 4 des Dialysators 1 in die erste Kammerhälfte 14a der ersten Bilanzkammer 14 gefördert, wodurch zuvor in die zweite Kammerhälfte 14b geleitete frische Dialysierflüssigkeit aus der zweiten Kammerhälfte verworfen und der Dialysierflüssigkeitskammer 4 zugeführt wird.

Während die Bilanzkammern 14 und 15 der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung 13 befüllt bzw. entleert werden, wird die erste Kammerhälfte 25a der Bilanzkammer 25 der Ultrafiltrations-Bilanziereinrichtung 23 mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit (6 ml) befüllt, wodurch frische Dialysierflüssigkeit, die in einem vorhergehenden Takt in die zweite Kammerhälfte 25b geleitet wurde, bei geöffnetem Ventil 35 über die Abflußleitung 34 in die Dialysierflüssigkeitsquelle 9 zurückfließt. Die Abflußleitung 34 kann aber auch direkt mit dem Abfluß 12 verbunden sein.

In einem zweiten Arbeitstakt werden die Ventile 19a, 18b, 20a 21b, 31 und 32 geöffnet, wobei alle anderen Ventil geschlossen werden. Frische Dialysierflüssigkeit strömt in die zweite Kammerhälfte 14b der ersten Bilanzkammer 14 der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung 13, wodurch verbrauchte Dialysierflüssigkeit aus der ersten Kammerhälfte 14a in den Abfluß 12 verworfen wird. Gleichzeitig wird verbrauchte Dialysierflüssigkeit in die erste Kammerhälfte 15a der zweiten Bilanzkammer 15 gefördert, wodurch frische Dialysierflüssigkeit aus der zweiten Kammerhälfte 15b verworfen und der Dialysierflüssigkeitskammer 4 zugeführt wird.

Während die Bilanzkammern 14 und 15 der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung 12 befüllt bzw. entleert werden, wird frische Dialysierflüssigkeit (6 ml) in die zweite Kammerhälfte 25b der Bilanzkammer 25 der Ultrafiltrations-Bilanziereinrichtung 23 geleitet, wodurch verbrauchte Dialysierflüssigkeit aus der ersten Kammerhälfte 25a in den Abfluß 12 verworfen wird. Daraufhin werden wieder die Ventile 18a, 19b, 21a, 20b, 30 und 35 geöffnet, wobei alle anderen Ventile geschlossen werden, so daß sich wieder der

erste Takt anschließen kann (Fig. 1).

Der Flüssigkeitsentzug findet bei jedem zweiten Takt statt, wobei 3 ml Ultrafiltrat pro Bilanzkammertakt dem Dialysierflüssigkeitsweg entzogen wird, was 1/10 des Dialysatflusses entspricht.

Nachfolgend wird der Substitutionsmodus unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 im einzelnen beschrieben. Der Substitutionsmodus unterscheidet sich von dem Ultrafiltrationsmodus dadurch, daß das Substrat, d. h. die aus der zweiten Kammerhälfte 25b der Bilanzkammer 23 verworfene frische Dialysierflüssigkeit, nicht zu der Dialysierflüssigkeitsquelle 9 geleitet wird, sondern der Tropfkammer 8 zugeführt wird.

Fig. 3 zeigt die Schaltstellung der Ventile im ersten Takt, der dem ersten Takt im Ultrafiltrationsmodus (Fig. 1) mit der Ausnahme entspricht, daß das in der Substituatablaßleitung 29 angeordnete Ventil 33 nicht geschlossen, sondern geöffnet und das in der Abflußleitung 34 angeordnete Ventil 35 nicht geöffnet, sondern geschlossen ist, so daß die aus der zweiten Kammerhälfte 25b verworfene frische Dialysierflüssigkeit als Substrat dem Patienten wieder durch die Abflußleitung 29, die Tropfkammer 8 und die Blutabflußleitung 7 zugeführt werden kann. Der zweite Takt im Substitutionsmodus ist mit dem zweiten Takt des Ultrafiltrationsmodus identisch. An den zweiten Zyklus schließt sich entsprechend dem Ultrafiltrationsmodus wieder der erste Zyklus an (Fig. 3).

Die Hämodiafiltrationsvorrichtung kann auch mit abgeschalteter Ultrafiltrations-Bilanziereinrichtung 23 betrieben werden, so daß es in den entsprechenden Zyklen zu keiner Ultrafiltration mehr kommt. Hierzu werden in einzelnen Zyklen oder über die gesamte Behandlungsdauer die Ventile 30, 31, 32 und 33 geschlossen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Ultrafiltration bei der Hämodialyse, bei dem in einem extrakorporalen Blutkreislauf Blut durch die Blutkammer eines Dialysators geleitet wird, der durch eine semipermeable Membran in die Blutkammer und eine Dialysierflüssigkeitskammer unterteilt ist und Dialysierflüssigkeit in einem Dialysierflüssigkeitsweg durch die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators geleitet und Ultrafiltrat dem Dialysierflüssigkeitsweg entzogen wird, wobei die in die Dialysierflüssigkeitskammer fließende frische Dialysierflüssigkeit und die aus der Dialysierflüssigkeitskammer fließende verbrauchte Dialysierflüssigkeit in einer Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung bilanziert wird, die mindestens eine von einer beweglichen Trennwand in zwei Bilanzkammerhälften unterteilte Bilanzkammer aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei geöffnetem Dialysierflüssigkeitsweg in einem ersten Takt verbrauchte Dialysierflüssigkeit in eine Bilanzkammerhälfte einer durch eine bewegliche Trennwand in zwei Bilanzkammerhälften unterteilten Bilanzkammer einer Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung unter Verwerfung von Substrat aus der anderen Bilanzkammerhälfte geleitet wird und in einem zweiten Takt Substrat unter Verwerfung der verbrauchten Dialysierflüssigkeit aus der einen Bilanzkammerhälfte in die andere Bilanzkammerhälfte geleitet wird, wobei die Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung von der mindestens einen Bilanzkammer der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung verschieden ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das aus der anderen Bilanzkammerhälfte der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung

verworfen Substitut dem Blutkreislauf zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Substitut frische Dialysierflüssigkeit in die andere Bilanzkammerhälfte der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung geleitet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Dialysierflüssigkeit in einer zwei Bilanzkammern aufweisenden Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung bilanziert wird, wobei

in dem ersten Takt eine Bilanzkammerhälfte der einen Bilanzkammer mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von frischer Dialysierflüssigkeit aus der anderen Kammerhälfte in die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators befüllt wird und eine Bilanzkammerhälfte der zweiten Bilanzkammer mit frischer Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von verbrauchter Dialysierflüssigkeit aus der anderen Kammerhälfte in einen Auslaß befüllt wird und

in dem zweiten Takt die andere Bilanzkammerhälfte der ersten Bilanzkammer mit frischer Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von verbrauchter Dialysierflüssigkeit aus der einen Kammerhälfte in den Auslaß befüllt wird und die andere Bilanzkammerhälfte der zweiten Bilanzkammer mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von frischer Dialysierflüssigkeit aus der einen Bilanzkammerhälfte in die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators befüllt wird.

5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit

einem durch eine semipermeable Membran in eine Blutkammer (3) und eine Dialysierflüssigkeitskammer (4) unterteilten Dialysator (1), wobei die Blutkammer Teil eines extrakorporalen Blutkreislaufs ist, einer Dialysierflüssigkeitsquelle (9),

Zuführ- und Abführleitungen (10, 11) zum Zuführen von frischer Dialysierflüssigkeit aus der Dialysierflüssigkeitsquelle in die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators und zum Abführen von verbrauchter Dialysierflüssigkeit aus der Dialysierflüssigkeitskammer in einen Auslaß (12),

einer in die Zuführ- und Abführleitungen geschalteten Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung (13) zum Bilanzieren von frischer und verbrauchter Dialysierflüssigkeit, die mindestens eine durch eine bewegliche Trennwand (16) in zwei Bilanzkammerhälften (14a, 14b) unterteilte Bilanzkammer (14) mit in den Zuführ- und Abführleitungen der Bilanzkammerhälften angeordneten Absperrorganen (18a, 19a, 20a, 21a) aufweist,

einer an die Absperrorgane der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung angeschlossenen Steuereinheit (22),

einer Einrichtung zum Entziehen von Ultrafiltrat aus dem Dialysierflüssigkeitsweg und einer Substitutquelle zum Zuführen von Substitut, dadurch gekennzeichnet,

daß die Einrichtung zum Entziehen von Ultrafiltrat eine Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung (23) mit einer durch eine bewegliche Trennwand in zwei Bilanzkammerhälften (25a, 25b) unterteilten Bilanzkammer (25) aufweist, wobei die eine Kammerhälfte (25a) über eine Filtrateinlaßleitung (26) mit dem Dialysierflüssigkeitsweg und über eine Filratauslaßleitung (27) mit dem Auslaß (12) in Verbindung steht und die andere Kammerhälfte (25b) der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung über eine Substituteinlaßleitung

(28) mit der Substitutquelle (9) in Verbindung steht und an die eine Substituatauslaßleitung (29) angeschlossen ist,

daß in den Filtrat- und Substitutleitungen an die Steuereinheit angeschlossene Absperrorgane (30, 31, 32, 33) angeordnet sind und

daß die Steuereinheit (22) derart ausgebildet ist, daß in einem ersten Takt eine Bilanzkammerhälfte (25a) der Bilanzkammer der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung unter Verwerfung von Substitut aus der anderen Bilanzkammerhälfte mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit befüllbar und in einem zweiten Takt die andere Bilanzkammerhälfte (25b) unter Verwerfung der verbrauchten Dialysierflüssigkeit aus der einen Bilanzkammerhälfte mit Substitut befüllbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Substituatauslaßleitung (29) mit dem extrakorporalen Blutkreislauf in Verbindung steht.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Substitutquelle und die Dialysierflüssigkeitsquelle durch eine gemeinsame Versorgungseinheit (9) zur Bereitstellung frischer Dialysierflüssigkeit gebildet werden.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Dialysierflüssigkeitsweg eine Pumpe (P) zum Fördern der verbrauchten Dialysierflüssigkeit angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung (13) zwei Bilanzkammern (14, 15) aufweist, wobei die Bilanzkammern derart parallel geschaltet sind und die Steuereinheit (22) derart ausgebildet ist, daß in dem ersten Takt eine Bilanzkammerhälfte der einen Bilanzkammer mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von frischer Dialysierflüssigkeit aus der anderen Kammerhälfte in die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators befüllbar ist und eine Bilanzkammerhälfte der zweiten Bilanzkammer mit frischer Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung von verbrauchter Dialysierflüssigkeit aus der anderen Bilanzkammerhälfte in den Auslaß befüllbar ist und in dem zweiten Takt die andere Bilanzkammerhälfte der ersten Bilanzkammer mit frischer Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung der verbrauchten Dialysierflüssigkeit aus der einen Bilanzkammerhälfte in den Auslaß befüllbar ist und die andere Bilanzkammerhälfte der zweiten Bilanzkammer mit verbrauchter Dialysierflüssigkeit unter Verwerfung der frischen Dialysierflüssigkeit aus der einen Bilanzkammerhälfte in die Dialysierflüssigkeitskammer des Dialysators befüllbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllvolumen der Bilanzkammer (25) der Ultrafiltrat-Bilanziereinrichtung (23) kleiner als das Füllvolumen der Bilanzkammer (14, 15) der Dialysierflüssigkeits-Bilanziereinrichtung (13) ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

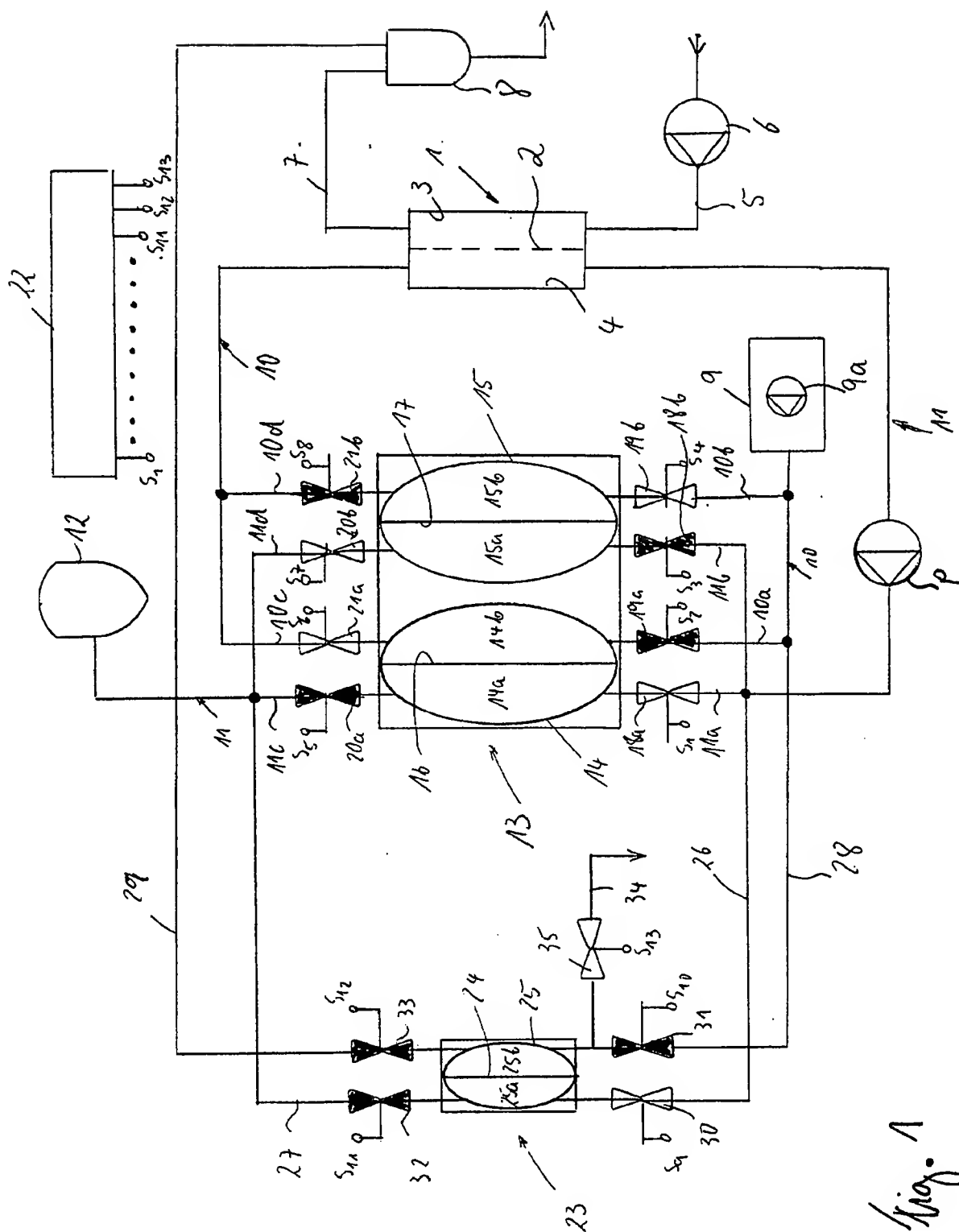


Fig. 1

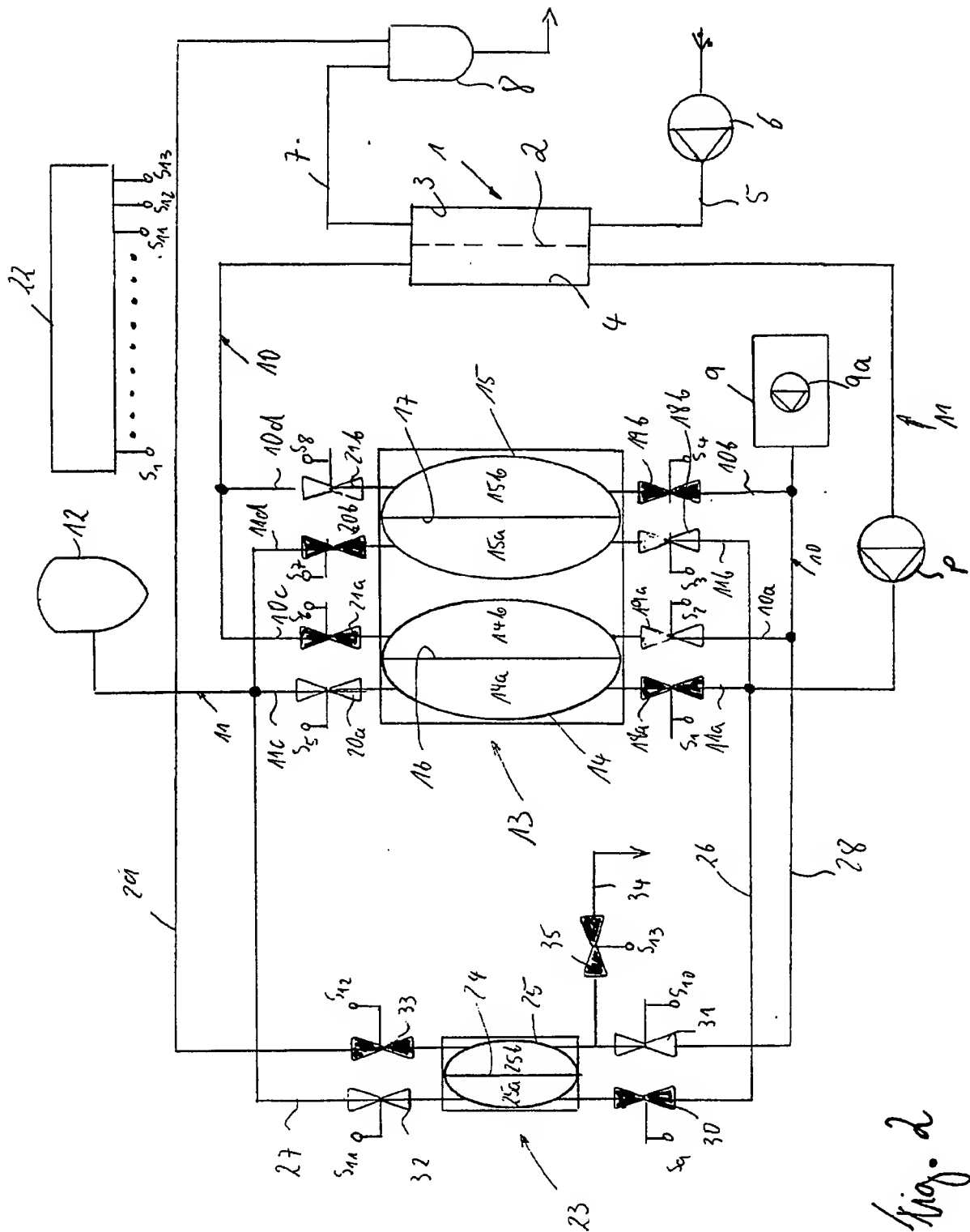


Fig. 2



